Niveau(x) d'enseignement : 7 Numéro EDUQ : 9270326
Centre d'intérêt : 845

Complément au Guide méthodologique : sciences / Comité Programme de sciences. -- LaSalle : Cégep André-Laurendeau, 1991.
36 p. : ill. ; 28 cm.

ISBN 2-920928-08-2

Vedette(s)-secondaire(s) : Cégep André-Laurendeau. Comité Programme de sciences

Descripteur(s) : Sciences de la nature • Travail intellectuel • Méthode de travail • Résolution de problèmes • Laboratoire de sciences • Guide • Collégial (Ordre d'enseignement)

Ce document s'adresse aux étudiants du programme des sciences de la nature du collégial. Il comprend quatre sections : un guide de résolution de problèmes suggérant des moyens de se dépanner si on a des difficultés à structurer une solution, une aide à la rédaction des rapports de laboratoire, un ensemble de recommandations à suivre pour construire adéquatement des graphiques ou des tableaux et finalement un aide-mémoire portant sur les erreurs et les incertitudes.

Type de document :

9270326

Cégep
André-Laurendeau

Complément au Guide méthodologique (Sciences)

Comité programme de Sciences

mars 1991

Cégep
André-Laurendeau

9270326

Complément au Guide méthodologique (Sciences)

Comité programme de Sciences

mars 1991

On peut obtenir une autorisation d'utiliser ou de reproduire le présent document ou une partie de celui-ci en contactant une des auteures ou un des auteurs à l'adresse suivante:

Cégep André-Laurendeau
1111, rue Lapierre
Lasalle, Québec
H8N 2J4
(514) 364-3320

La mention complète de la source (titre, collège, auteures et auteurs) est obligatoire.

Dépot légal
Bibliothèque Nationale du Québec
1er trimestre 1991

ISBN 2-920928-08-2
© Cégep André-Laurendeau

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

LÉGENDE 2

SECTION 1. GUIDE DE RÉSOLUTION DE PROBLÈMES 3

1.1 La mise en situation 3

1.2 Organiser ses idées 4

1.3 Réaliser les étapes du plan 4

1.4 Revenir sur la solution et la réponse 5

1.5 Exemple de problème résolu (Biologie) 6

1.6 Exemple de problème résolu (Chimie) 10

1.7 Exemple de problème résolu (Mathématiques) 12

1.8 Exemple de problème résolu (Physique) 16

SECTION 2. LE RAPPORT DE LABORATOIRE 22

2.1 Page de titre 23

2.2 Introduction 23

2.3 Matériel et schéma de montage 23

2.4 Méthode 23

2.5 Données 24

2.6 Traitement des données 24

2.7 Discussion 25

2.8 Conclusion 25

2.9 Médiagraphie (s'il y a lieu) 25

SECTION 3. LES GRAPHIQUES ET LES TABLEAUX 26

SECTION 4. ERREURS ET INCERTITUDES 30

4.1 Incertitudes 30

4.2 Les chiffres significatifs 31

INTRODUCTION

Ce complément au *Guide méthodologique*[1] s'adresse à toutes les étudiantes et à tous les étudiants du programme des Sciences de la nature. Bien que faisant ressortir plusieurs objectifs communs des quatre disciplines de ce programme (Biologie, Chimie, Mathématiques et Physique), il respecte certaines particularités disciplinaires.

Ce complément comprend quatre sections: un **guide de résolution de problèmes** devant vous dépanner si vous avez des difficultés à structurer une solution, une aide à la rédaction des **rapports de laboratoire**, un ensemble de recommandations à suivre pour construire adéquatement des **graphiques** ou des **tableaux** et finalement un aide-mémoire portant sur les **erreurs** et les **incertitudes**.

Bien que répétant, en l'adaptant légèrement, la section du *Guide méthodologique* portant sur le rapport de laboratoire, le présent texte doit être compris, non comme un guide complet en soi mais plutôt, comme son nom l'indique, comme un ***complément*** de ce *Guide* plus spécifiquement adapté aux étudiantes et aux étudiants du programme des Sciences.

Même s'il peut être très utile de lire attentivement les pages qui suivent **avant** d'être confronté à des difficultés, vous pouvez également vous en servir comme outil de dépannage si vous rencontrez des problèmes relatifs à l'un ou l'autre des sujets traités.

Nous espérons que vous trouverez dans ce guide les réponses qui vous permettront de résoudre plusieurs de vos problèmes.

le comité « programme de Sciences »
Louise Bibeau, Robert Bradley, Lise Dallaire
Sophie Dorais, Renée Lamy et Pierre Lussier

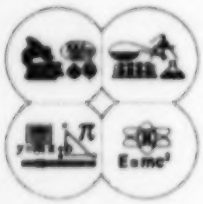
---

1 **Guide méthodologique**: Sylvie Charbonneau et Johanne Mongeon; Cégep André-Laurendeau; 1988

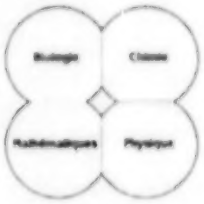
LÉGENDE

Comme ce complément au *Guide méthodologique* s'adresse à des étudiantes et à des étudiants suivant des cours de concentration de quatre disciplines distinctes et que certains éléments du présent texte sont plus particulièrement appropriés à quelques une seulement de ces disciplines, chaque partie du complément au *Guide méthodologique* sera identifiée par un sigle indiquant quelles disciplines sont plus spécifiquement concernées.

Par exemple, le sigle suivant indiquera que toutes les disciplines sont concernées:



se lit

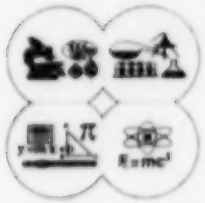


De façon analogue, le sigle suivant indiquera que seules les disciplines chimie et physique sont concernées:

Vous pourrez, nous l'espérons, aller ainsi directement vers l'information la plus pertinente.

SECTION 1.

GUIDE DE RÉSOLUTION DE PROBLÈMES



En sciences, les exercices et les examens ne sont généralement pas de type objectif, la majorité des questions sont des questions à développement. Nous avons choisi cette forme de questions parce que nous croyons celle-ci nécessaire à l'amélioration de vos habilletés d'écriture et de raisonnements scientifiques. Ne soyez donc pas surpris si ce n'est pas seulement la réponse qui est évaluée mais bien l'ensemble de votre raisonnement. En ce sens, nous insistons sur le fait que vous devriez toujours écrire des solutions **claires et détaillées**.

QU'EST-CE QU'UN PROBLÈME?

Un problème est une situation idéale où tous les éléments sont bien identifiés et leurs rapports bien définis. On peut comparer un problème à un roman policier où les personnages, les lieux et les circonstances du crime sont bien définis et où la tâche du détective est de découvrir le coupable.

Il y a quatre (4) étapes principales dans un problème:

1.1 La mise en situation

À cette étape, il faut:

a) d'abord rester calme; si on vous donne un problème à résoudre, c'est justement parce qu'on sait que vous pouvez le résoudre;

b) lire attentivement le problème;

c) identifier les différents éléments du problème: identifier les mots-clés, distinguer les données pertinentes et les données non pertinentes, déterminer ce que l'on cherche;

d) dans certains cas, il serait opportun de faire un dessin, un diagramme ou un schéma, où seront représentés les différents éléments du problème identifié en c);

e) identifier à quelle loi, à quel concept se réfère le problème, et lire les sections du volume de base qui se réfèrent à cette loi, à ce concept;

f) vous poser certaines questions comme: *Ai-je déjà résolu un problème semblable? Puis-je utiliser sa solution ou une partie de celle-ci pour résoudre le problème?*

1.2 Organiser ses idées

Pour résoudre un problème, il faut établir un lien entre les données et l'inconnue. Si le problème est complexe, de sorte que le lien n'est pas évident, il faut concevoir un plan, par exemple en se posant des questions comme: *Puis-je morceler le problème? Puis-je le séparer en plusieurs parties plus faciles à résoudre? Qu'est-ce que je peux déjà déduire des données identifiées à l'étape précédente?* Un plan c'est simplement une liste de choses à faire pour trouver le lien. Il est important de voir qu'à ce stade les étapes du plan n'ont pas encore été réalisées. On s'est contenté de planifier l'ensemble des opérations à effectuer.

1.3 Réaliser les étapes du plan

Au moment de la réalisation, il peut arriver que des étapes prévues dans le plan pour la résolution du problème ne produisent pas les résultats escomptés, qu'elles n'apparaissent pas dans le bon ordre, ou encore qu'elles soient trop longues ou complexes. Le moment de la réalisation est donc aussi celui de l'**adaptation du plan**, le moment où on replace les étapes dans un ordre plus logique ou fonctionnel, où on sépare en nouvelles étapes les étapes trop longues ou trop complexes, etc. .

Les problèmes comportant deux parties:
Lors d'un examen, avez-vous déjà été pénalisé deux fois pour une seule erreur dans le même problème? Cette possibilité survient dans tout problème où le résultat de la première partie est utilisé dans la deuxième. Si vous constatez que vous ne pouvez compléter la deuxième partie d'un problème parce que vous êtes incapable de terminer la première partie, vous pouvez écrire cette note:

> *« Je ne peux compléter la première partie du problème. Je suppose une réponse plausible pour la première partie de telle sorte que je puisse faire la deuxième partie en utilisant cette donnée. »*

Le professeur pourra alors juger si vous savez comment faire la deuxième partie et ainsi, vous octroyer une fraction des points.

1.4 Revenir sur la solution et la réponse

Après avoir complété la solution d'un problème, vous devez toujours revenir sur la solution et la réponse afin de savoir si la solution est correcte et si la réponse est plausible ou vraisemblable et aussi pour savoir si elle pourrait servir pour un autre problème.

En sciences, plusieurs problèmes font référence à des situations réelles où les réponses doivent être «plausibles» ou «vraisemblables». Par exemple, une mesure de longueur, de temps ou de pH ne peut être négative, ou encore un nombre d'objets ne peut être fractionnaire. **Dans ce sens, vérifiez avant toute chose si votre réponse est plausible ou vraisemblable.**

Si elle ne l'est pas, vous devriez procéder comme suit:

◊ Si, dans un examen, vous n'avez pas le temps de vérifier vos calculs ou la logique de votre démonstration, vous devriez mentionner: «*Je sais que ma réponse n'est pas plausible parce que..., toutefois, je n'ai pas le temps de trouver mon erreur.*»

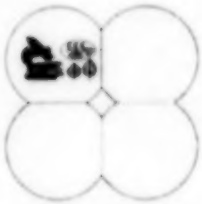
◊ Si vous avez le temps de vérifier vos calculs, vous devriez envisager les différentes erreurs possibles qui suivent:

- Si la réponse est beaucoup trop grande ou beaucoup trop petite, vérifiez la position de la virgule dans les différents nombres décimaux employés.

- Si la réponse est négative alors qu'elle devrait être positive, vérifiez toutes les étapes de la solution où des nombres positifs et des nombres négatifs sont combinés au moyen des opérations arithmétiques d'addition, de soustraction, de division ou de multiplication.

- Finalement, vérifiez dans les formules si les différentes variables ont été remplacées par les bonnes valeurs.

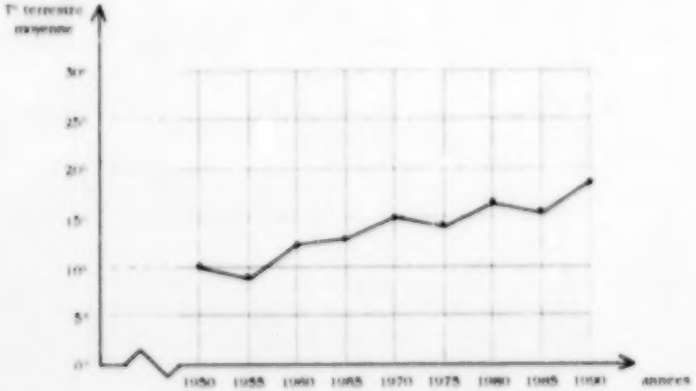
1.5 Exemple de problème résolu (Biologie)



Depuis le début du siècle, les forêts ont reculé de façon très importante sur tous les continents. De plus, le processus de déforestation s'accélère encore avec la destruction de la forêt tropicale et la coupe à blanc des grandes forêts boréales.

Pendant cette période, on a de plus en plus utilisé les combustibles fossiles à des fins industrielles et de transport.

Récemment, les scientifiques ont noté une augmentation significative de la température terrestre et on s'attend à une poursuite de ce phénomène dans les années à venir.



Évolution de la température terrestre moyenne depuis 40 ans (ces valeurs sont fictives)

Comment expliquez-vous ce phénomène ?

SOLUTION

1) Mise en situation

Mise en évidence des mots clés	***Énumération des mots clés et commentaires***
Depuis le début du siècle, les forêts ont reculé de façon très importante sur tous les continents.	*La déforestation*
	• *se fait sur tous les continents.*
De plus, le processus de déforestation s'accélère encore avec la destruction de la forêt tropicale et la coupe à blanc des grandes forêts boréales.	• *se fait par la destruction de la forêt tropicale;*
	• *se fait par la coupe à blanc des forêts boréales.*
Pendant cette période, on a de plus en plus utilisé les combustibles fossiles à des fins industrielles et de transport.	*Il y a augmentation de l'utilisation des combustibles fossiles.*
Récemment, les scientifiques ont noté une augmentation significative de la température terrestre et on s'attend à une poursuite de ce phénomène dans les années à venir.	*Il y a une augmentation de la température terrestre.*

2) Organiser ses idées

a) Qu'est-ce que je sais sur le rôle de la forêt et des arbres ?

b) Quel est le résultat de la combustion ?

c) Quels liens y a-t-il entre les combustibles fossiles et la forêt ?

5) Réaliser les étapes du plan

a) Le rôle de la forêt et des arbres

- Grande capacité de photosynthèse à cause d'une grande surface foliaire.
- $6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{\text{Énergie solaire}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$

  Donc, les feuilles de la forêt utilisent du CO_2 et produisent de l'O_2.
- Rôle important dans le cycle de l'eau: les feuilles font de l'évapotranspiration.
- Protège le sol contre l'assèchement.
- Retient le sol, empêche l'érosion.

b) Combustion

- Les combustibles fossiles sont d'anciens vivants partiellement décomposés (ex.: forêt qui s'est transformée en pétrole).
- La combustion libère du CO_2 et nécessite de l'O_2:

  combustible + O_2 → CO_2 + H_2O + énergie

c) Liens entre les combustibles fossiles et la forêt

- Plus on brule des combustibles fossiles, plus on libère du CO_2.
- L'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère empêche les rayons solaires de retourner dans l'atmosphère.

  C'est ce qu'on appelle l'effet de serre. Il y a alors une augmentation de la température.
- Si on enlève la forêt, il y a moins de photosynthèse et moins d'utilisation du CO_2.

4) Revenir sur la solution et la réponse

a) Le CO_2 augmente dans l'atmosphère parce que:

- il y a plus d'utilisation de combustibles fossiles;
- il y a moins de forêt; donc, il y a diminution de la photosynthèse et diminution de l'utilisation du CO_2.

b) La conséquence de cette accumulation de CO_2 est l'effet de serre et donc une augmentation de la température terrestre.

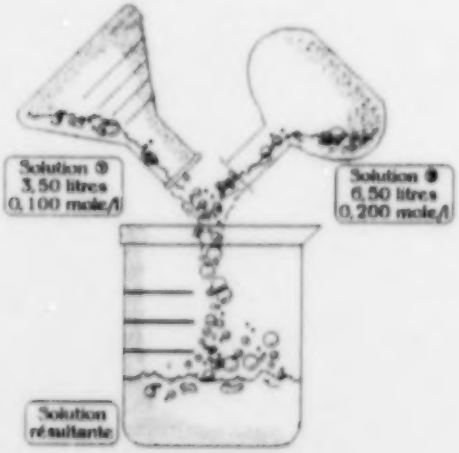
1.6 Exemple de problème résolu (Chimie)

On mélange 3.50 litres de solution de NaCl 0.100 mole/litre et 6.50 litres de solution de NaCl 0.200 mole/litre. Calculer la concentration molaire volumique de la solution résultante.

SOLUTION

1) Mise en situation

Soluté - NaCl
Solvant - H_2O
Solution - NaCl dans H_2O



Solution ① 3.50 litres à 0.100 mole/l
Solution ② 6.50 litres à 0.200 mole/l
Solution résultante = Solution ① + Solution ②

concentration molaire volumique = $\frac{\text{nombre de moles}}{\text{volume en litres}}$

2) Organiser ses idées

J'ai donc besoin du nombre total de moles et du volume total dans la solution finale.

3) Réaliser les étapes du plan

- Calcul du nombre de moles dans chacune des solutions initiales:

SLN ① $\frac{0.100 \text{ mole}}{1 \text{ litre}} = \frac{n_①}{3.50 \text{ litres}}$

$n_① = 0.350$ mole

SLN ② $\frac{0.200 \text{ mole}}{1 \text{ litre}} = \frac{n_②}{6.50 \text{ litres}}$

$n_② = 1.30$ mole

- Calcul du nombre total de moles:

$n_{NaCl} = 0.350 + 1.30 = 1.65$ mole

- Calcul du volume total:

3.50 l + 6.50 l = 10.00 l

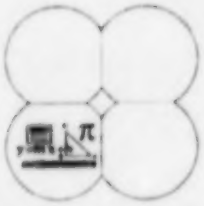
- Calcul de la concentration molaire volumique:

$\frac{1.65 \text{ mole}}{10.00 \text{ litres}} = 0.165$ mole/litre

4) Revenir sur la solution et la réponse

Est-ce que c'est plausible? Oui puisque la concentration résultante se situe entre la concentration la plus faible et la concentration la plus forte. Donc la concentration de la solution résultante est de 0.165 mole/litre.

1.7 Exemple de problème résolu (Mathématiques)



Paul et Jeanne discutent de leurs résultats d'examens dans un cours de la dernière session. Il y a eu dans ce cours quatre examens de pondération égale. Jeanne indique que ses notes aux trois premiers examens ont été de 92%, 74% et 80% ce qui a constitué une amélioration sensible par rapport au cours précédent dans lequel elle n'avait obtenu qu'une moyenne de 61%. Paul, pour sa part, affirme qu'il a obtenu 56%, 82% et 62% aux trois premiers examens ce qui est sensiblement inférieur à ses performances habituelles.

Sachant que la note de Paul au quatrième examen a été le double de celle de Jeanne et qu'ainsi, Paul et Jeanne ont obtenu la même note moyenne, déterminer quelle a été la note de Paul au quatrième examen.

SOLUTION

1) Mise en situation

Étapes de la résolution	**Commentaires**
Certaines notes de Paul et de Jeanne sont données; certaines relations entre celles-ci sont établies; on cherche une note de Paul.	*Une première lecture nous permet de nous familiariser avec le sujet, les données et ce qui est demandé.*
Paul et Jeanne discutent de leurs résultats d'examens dans un cours de la dernière session. Il y a eu dans ce cours quatre examens de pondération égale. Jeanne indique que ses notes aux trois premiers examens ont été de 92%, 74% et 80% ce qui a constitué une amélioration sensible par rapport au cours précédent dans lequel elle n'avait eu qu'une moyenne de 61%. Paul, pour sa part, affirme qu'il a obtenu 56%, 82% et 62% aux trois premiers examens ce qui est sensiblement inférieur à ses performances habituelles.	*Une deuxième lecture, plus détaillée, nous permet de souligner ou d'entourer les éléments clés. Ici, les données brutes ont été soulignées, les relations entre les données ont été doublement soulignées et le but de la question a été écrit en caractères gras. Remarquons que la donnée inutile (la moyenne de 61%) a été mise de côté.*

Sachant que la note de Paul au quatrième examen a été le double de celle de Jeanne et qu'ainsi, Paul et Jeanne ont obtenu la même note moyenne, déterminer quelle a été la **note de Paul au quatrième examen**.

Soit x: note de Paul au 4ème examen

On peut se demander d'abord ce qu'on cherche et donner un «nom» à cette inconnue. Attention! Il ne faut pas écrire x: Paul ou x: Examen 4. On doit s'assurer que le nom choisi représente un nombre.

la note de Paul au quatrième examen a été le double de celle de Jeanne

Soit y: note de Jeanne au 4ème examen

On peut, au besoin, définir d'autres variables si elles peuvent nous servir à obtenir plus facilement notre solution.

Alors, on trouve:
(1) $y = 2x$

On anticipe ici sur l'étape 2 (Organiser ses idées).

Paul et Jeanne ont obtenu la même note moyenne

Jeanne a déjà obtenu: 92%, 74%, 80%
Paul a déjà obtenu: 56%, 82%, 62%

On essaye de traduire sous forme d'équation(s) les relations entre les données apparaissant dans les éléments clés de la question. Ici, on utilise le fait que la moyenne arithmétique est obtenue en additionnant toutes les valeurs et en divisant le résultat par le nombre de valeurs.

La moyenne de Jeanne est donc:
$$\frac{92+74+80+y}{4}$$

La moyenne de Paul est:
$$\frac{56+82+62+x}{4}$$

2) Organiser ses idées

Comme on a $y = 2x$, on en déduit que:

$$\frac{92+74+80+2x}{4} = \frac{56+82+62+x}{4}$$

3) Réaliser les étapes du plan

On a alors:

(2) $\frac{246+2x}{4} = \frac{200+x}{4}$

Donc, $246 + 2x = 200 + x$

$246 - 200 = x - 2x$

$46 = -x$

$x = -46$

4) Revenir sur la solution et la réponse

Hum!... Bizarre!... Paul aurait obtenu la note de - 46% à un examen (était-ce un examen si difficile?...). Il y a donc manifestement une erreur. Révisons la solution pour la découvrir. On peut remarquer qu'à l'étape (1), on a écrit $y = 2x$. Or, y représente la note de Jeanne et x la note de Paul ce qui voudrait dire que si Paul avait eu 40%, Jeanne aurait eu 80%. Ceci contredit l'hypothèse que Paul a obtenu une note deux fois <u>supérieure</u> à celle de Jeanne. On doit donc repartir de l'étape (1) avec $y = \frac{x}{2}$

5) Réaliser les étapes du plan

Reprenons à partir de l'étape (1):

(1) $y = \frac{x}{2}$

L'équation (2) devient alors:

(2) $\frac{246+\frac{x}{2}}{4} = \frac{200+x}{4}$

Donc $246 + \frac{x}{2} = 200 + x$

$246 - 200 = x - \frac{x}{2}$

$46 = \frac{x}{2}$

$x = 92$

4) Revenir sur la solution et la réponse

Ce résultat semble plus raisonnable. Paul aurait obtenu 92% à l'examen 4. Mais, même si c'est une réponse plausible, est-ce la bonne réponse? Pour en être bien certain, effectuons à nouveau la vérification.

La note de Jeanne au 4ème examen devrait donc être 46% (92/2).

La moyenne de Paul serait alors:

$$\frac{56+82+62+92}{4} = 73(\%)$$

La moyenne de Jeanne serait alors:

$$\frac{92+74+80+46}{4} = 73(\%)$$

Donc, la note de Paul au 4ème examen est bien de 92%.

Il ne faut pas oublier de répondre à la question. Bien sur, le cheminement est l'aspect le plus important, mais la réponse doit également être transmise.

On peut maintenant «faire le ménage» dans notre solution.

Solution

Soient x: note de Paul au 4ème examen
y: note de Jeanne au 4ème examen

On a $y = \frac{x}{2}$ **d'où** $\frac{56+82+62+x}{4} = \frac{92+74+80+\frac{x}{2}}{4}$

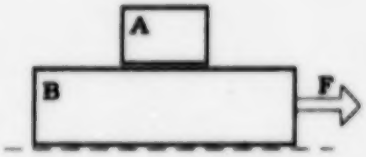
Donc, $200 + x = 246 + \frac{x}{2} \Rightarrow \frac{x}{2} = 46 \Rightarrow x = 92$

Par conséquent, Paul a obtenu 92% à son quatrième examen.

1.8 Exemple de problème résolu (Physique)

Vous avez probablement déjà vu la démonstration du magicien qui enlève la nappe d'une table mise sans faire tomber aucun des couverts qui s'y trouvent. Le problème suivant permet d'illustrer une version simplifiée de cette situation.

Note: Cet exemple fait appel à certaines notions qui ne seront vues qu'au premier cours de physique (Mécanique 101). Vous serez donc plus en mesure d'apprécier les méthodes illustrées ici après avoir suivi quelques semaines de ce cours.



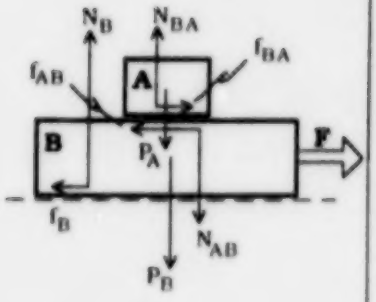
Le bloc B a un poids de 30N et glisse sur une table horizontale. On le tire avec une force égale au tiers de son poids. Le bloc A a un poids de 10N et est placé sur B. Le coefficient de frottement statique entre les deux blocs est de 0,2 et le coefficient de frottement cinétique entre la table et le bloc B est de 0,1.

Dans ce cas, le bloc A glisse-t-il sur le bloc B ? Quelle est la force de frottement entre les deux blocs ?

SOLUTION

1) Mise en situation

Étapes de la résolution	***Commentaires***
On a deux blocs. Une force de 10N agit sur le bloc B (le tiers de son poids); il y a du frottement entre la table et le bloc B; il y a aussi du frottement entre les deux blocs. Le fait qu'il y ait glissement ou pas entre les deux blocs dépend du frottement entre les deux blocs.	*Une première lecture nous permet de nous familiariser avec la situation et ce qui est demandé.*



Une deuxième lecture nous permet de visualiser toutes les forces qui agissent sur chacun des blocs. Il sera ici nécessaire de faire un schéma simple et précis représentant chacune des forces avec des flèches correctement orientées et bien identifiées par un symbole approprié. ***Une liste de ces symboles avec une identification de ce qu'ils représentent est un exercice utile.***

forces sur le bloc A

P_A : force de la Terre sur le bloc A (son poids);

N_{BA} : force normale du bloc B sur le dessous du bloc A;

f_{BA} : force de frottement du bloc B sur le bloc A;

forces sur le bloc B

P_B : force de la Terre sur le bloc B (son poids);

N_{AB} : force normale du bloc A sur le dessus du bloc B;

f_{AB} : force de frottement du bloc A sur le dessus du bloc B;

N_B : force normale de la table sur le dessous du bloc B;

f_B : force de frottement de la table sur le dessous du bloc B;

F : force motrice appliquée vers la droite sur le bloc B.

2) Organisez ses idées

On cherche à déterminer:

- la force de frottement statique **maximum** entre le bloc A et le bloc B.
- l'accélération des deux blocs en supposant que le bloc A ne glisse pas par rapport au bloc B.

On pourra ensuite comparer l'accélération des deux blocs ensemble et l'accélération maximum qu'on peut communiquer au bloc A via le frottement statique entre les deux blocs et déterminer ainsi si le bloc A glisse ou non sur le bloc B.

On veut finalement calculer la force de frottement entre les deux blocs.

3) Réaliser les étapes du plan

a) calcul de la force de frottement statique *maximum* entre le bloc A et le bloc B, i.e. f_{BA}:

Suivant l'axe des y, l'accélération du bloc A est nulle; par suite, on aura:

$$\Sigma F_y = N_{BA} - F_A = 0 \quad \text{ou}$$
$$N_{BA} = F_A = 10\ N$$

Puisque $f \leq \mu_s N$, la valeur maximum du frottement entre les deux blocs est:

$$f_{BA} = \mu_s N_{BA} = 0.2 \times 10\ N$$
$$= 2.0\ N$$

Est-ce bien le résultat cherché ?...

Il est important de procéder avec rigueur en s'appuyant sur les lois de la mécanique. Il est aussi nécessaire de reconnaître les limites d'application de la formule du frottement maximum: le <u>frottement actuel</u> peut être <u>plus petit</u> ou égal à $\mu_s N_{BA}$. Plusieurs choisiront le résultat de ce calcul simple comme solution. Il n'y a pas toujours de situation "piège" dans les problèmes mais une solution trop facile devrait nous rendre soupçonneux.

Hum!... f_{BA} est la seule force qui puisse faire accélérer le petit bloc vers la droite: une petite accélération produite par une force faible éviterait le glissement entre les deux blocs. La force de frottement cherchée serait donc calculée à l'aide de la 2^{e} loi de Newton une fois la valeur de l'accélération déterminée, i.e.

$$f_{BA} = m_A a_x$$

b) calcul de l'accélération des deux blocs en supposant que le bloc A ne glisse pas par rapport au bloc B.

Une simulation est souvent utile pour mettre en évidence une autre solution. Une analyse de l'ensemble de la situation conduira à une valeur précise du frottement.

i) calcul de la force de frottement cinétique entre le bloc B et la table.

Cette force n'est pas encore déterminée et est indispensable pour obtenir l'accélération du système.

La 3^{e} loi de Newton appliquée aux forces normales entre les deux blocs donne:

$$N_{AB} = N_{BA}$$

Pour le bloc B, on a aussi a_y nulle d'où:

$$\Sigma F_y = N_B - P_B - N_{AB} = 0$$

$$N_B = P_B + N_{AB}$$
$$= 30\ N + 10\ N$$
$$= 40\ N$$

$$f_C = \mu_C N_B = 0.1 \times 40\ N$$
$$= 4\ N$$

(ii) calcul de la force résultante agissant sur les deux blocs ensemble.

Suivant l'axe des x, la 2^{e} loi de Newton donne:

$$\Sigma F_x = F - f_B = 10\ N - 4\ N = 6\ N$$

Le danger en calculant l'accélération est de ne tenir compte que de la force motrice appliquée.

(iii) calcul des masses de chacun des blocs.

$$m_A = \frac{F_A}{g} = \frac{10\ N}{9.8\ \frac{m}{s^2}} = 1.02\ kg$$

$$m_B = \frac{F_B}{g} = \frac{30\ N}{9.8\ \frac{m}{s^2}} = 3.06\ kg$$

Un manque d'attention amène parfois l'étudiante ou l'étudiant à prendre les poids pour les masses et vice-versa.

(iv) calcul de l'accélération des deux blocs ensemble.

$$\Sigma F_x = (m_A + m_B)\, a_x$$
$$6\ N = (1.02\ kg + 3.06\ kg)\, a_x$$
$$a_x = \frac{6\ N}{4.08\ kg} = 1.47\ \frac{m}{s^2}$$

Il est évident maintenant que la force F appliquée sur le bloc B n'est pas suffisante pour faire glisser le bloc A et lui donne même une accélération inférieure à l'accélération maximum possible.

L'accélération maximum que l'on peut communiquer au bloc A via le frottement statique entre les deux blocs est:

$$a_x = \frac{2\ N}{1.02\ kg} = 1.96\ \frac{m}{s^2}$$

Le bloc A ne glisse donc pas sur le bloc B.

c) calcul de la force de frottement entre les deux blocs.

$$f_{BA} = m_A a_x$$
$$f_{BA} = 1.02\ kg \times 1.47\ \frac{m}{s^2}$$
$$= 1.50\ N$$

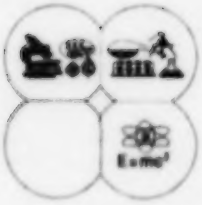
Ce n'est donc qu'après une analyse complète du problème que l'on parvient à la solution qui convient.

4) <u>Revenir sur la solution et la réponse</u>

On obtient, en résumé, que le bloc A ne glisse pas sur le bloc B et que la force de frottement entre les deux blocs est de 1,50 N.

SECTION 2.

LE RAPPORT DE LABORATOIRE



Un rapport de laboratoire complet comprend les sections suivantes:

1. Page de titre
   - Titre de l'expérience ou numéro du laboratoire (s'il y a lieu)
   - Date de remise
   - Numéro du cours
   - Nom de l'étudiante ou de l'étudiant
   - Nom de la professeure ou du professeur
2. Introduction
   - But
   - Objectifs
   - Contexte théorique
   - Question
   - Hypothèse
3. Matériel et schéma de montage
   - Appareils
   - Matériel
   - Schéma du montage
   - Manipulations
4. Méthode
   - Schème expérimental
   - Protocole expérimental
5. Données
   - Observations
   - Relevé des données brutes
   - Lecture des mesures
   - Dessins
6. Traitement des données
   - Calculs
   - Tableaux
   - Graphiques
   - Résultats
7. Discussion
   - Interprétation
   - Exactitude
   - Analyse
   - Comparaison
8. Conclusion
9. Médiagraphie (s'il y a lieu)

2.1 Page de titre

On y retrouve le sujet de l'expérience (ou le numéro du laboratoire s'il y a lieu), le numéro du cours, la date de remise du rapport, le nom des étudiantes et des étudiants ayant participé à la rédaction du rapport et le nom de la professeure ou du professeur. À ce sujet, vous pouvez consulter le **Guide Méthodologique** aux **pages 42 et 43**.

Pour un rapport de laboratoire en Physique, une page de titre vous est fournie par le département.

2.2 Introduction

C'est dans cette partie que vous devez donner dans vos propres mots une brève explication du but et des objectifs de votre expérience.

Vous devez ensuite donner un bref contexte théorique résumant les principales notions que vous utilisez ou que vous vérifiez dans votre hypothèse de travail.

De plus, lorsque l'expérience présente l'étude de deux variables reliées entre elles (par exemple, la distance en fonction du temps ou l'intensité lumineuse en fonction de la température), il faut formuler votre hypothèse de façon à mettre en relief la variable dépendante et la variable indépendante. Dites par exemple:

- *Nous vérifierons que le temps requis pour 20 oscillations d'un pendule est proportionnel à sa longueur.* -,

plutôt que:

- *Pour différentes longueurs de pendule, nous allons mesurer le temps de 20 oscillations.* -

2.3 Matériel et schéma de montage

Il vous faut ensuite faire la liste de tous les produits, du matériel et de tous les instruments de mesure utilisés lors de la réalisation de votre expérience. POUR LES INSTRUMENTS DE MESURE, IL EST ESSENTIEL DE DONNER LA PRÉCISION DES INSTRUMENTS.

Faites aussi une brève description des manipulations. S'il y a un montage à faire, donnez-en un schéma simple, clair et complet sur une page à part.

2.4 Méthode

Parfois, si on vous le demande (en biologie ou en chimie), vous aurez à décrire de façon plus particulière les deux grandes étapes qui ont été suivies lors de l'élaboration de votre expérience: le schème expérimental et le protocole expérimental.

Rappelons que le schème expérimental doit faire ressortir les points suivants:

- le mode de mesure de la variable dépendante,
- le mode de mesure de la variable indépendante,
- le mode de contrôle de chacun des facteurs contrôlés,
- la liste des facteurs non contrôlés.

Dans le protocole expérimental, l'étudiante ou l'étudiant doit présenter, le plus clairement et le plus précisément possible, les principales étapes qu'il a suivies lors de son expérimentation. Il est important que le protocole soit le plus complet possible et présente les mesures, les contrôles, les concentrations, les délais, le nombre de sujets, etc.... qui ont été effectués et/ou utilisés.

2.5 Données

Tous les dessins, les observations et les mesures obtenus directement lors de l'expérimentation constituent des données brutes qui, dans certains cas, pourront être placées en annexe du rapport.

2.6 Traitement des données

Dans cette section, l'étudiante ou l'étudiant doit présenter tous les traitements (exemples de calculs, descriptions de tests statistiques, exemple de calcul d'erreurs) qu'il a fait subir à ses données. C'est également dans cette section que les données non significatives doivent être identifiées; l'expérimentatrice ou l'expérimentateur doit expliquer l'exclusion de chacune d'entre elles des résultats présentés. Il est important de respecter le nombre de chiffres significatifs.

En Chimie et en Physique particulièrement, les calculs d'incertitude sont très importants. En effet, souvent le but d'une expérience n'est pas d'obtenir des valeurs aussi précises que celles des tables, mais de comparer les résultats obtenus aux résultats théoriques et ainsi de juger la valeur de son travail. **La section 4 traitera plus spécifiquement des erreurs et des incertitudes.**

C'est aussi dans cette section que l'étudiante ou l'étudiant présente ses résultats, c'est-à-dire les moyennes, les graphiques, les tableaux, les schémas qu'il a obtenus par le traitement de ses données. Il est à noter qu'une brève description doit être donnée de chacun des résultats fournis. **La section 3 traitera plus spécifiquement des graphiques et des tableaux.**

2.7 Discussion

Dans cette section, l'étudiante ou l'étudiant doit faire l'analyse de ses résultats, laquelle comporte en général trois (3) volets: l'interprétation, la comparaison et la critique.

L'expérimentatrice ou l'expérimentateur doit, dans un premier temps, porter un jugement subjectif sur ses résultats en regard de son hypothèse de départ. Il doit séparer les résultats pouvant être considérés comme significatifs de ceux qui ne le sont pas (ex.: Est-ce que la différence observée entre le groupe témoin et le groupe expérimental est assez grande pour ne pas être imputable uniquement au hasard ?). Il doit évaluer si les résultats jugés significatifs viennent infirmer (contredire) ou confirmer (appuyer) son hypothèse de départ.

Il doit ensuite comparer les résultats qu'il a obtenus avec les résultats présentés dans les documents de référence ou avec les résultats attendus (ex.: valeurs obtenues à partir de calculs théoriques). Il doit alors juger de la valeur de ces différences et/ou de ces ressemblances.

En Physique, cette discussion se fait en tenant compte des incertitudes et des écarts. L'étudiante ou l'étudiant peut alors évaluer si les mesures ont été faites correctement et si les incertitudes ont été estimées avec justesse ou encore si des sources d'erreurs systématiques ont pu influencer les résultats.

À la lumière de l'interprétation et de la comparaison qu'il vient d'effectuer, l'expérimentatrice ou l'expérimentateur doit ensuite faire une critique de son expérience. C'est ici que l'étudiante ou l'étudiant met en relief les points faibles de la méthode utilisée et des résultats obtenus. Il propose des solutions pour atténuer ces points faibles. Les points forts de la méthode et des résultats obtenus doivent aussi être mentionnés et expliqués, de même que les causes d'erreur.

2.8 Conclusion

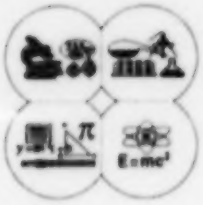
La conclusion est avant tout un résumé succinct des sept sections précédentes. Elle se termine généralement par une phrase soutenant que l'hypothèse de départ a été infirmée ou confirmée, et par la formulation de questions élargissant l'implication du sujet traité.

2.9 Médiagraphie (s'il y a lieu)

La médiagraphie dresse l'inventaire de tous les livres, articles et journaux qui ont servi directement à la réalisation du projet expérimental. À ce sujet, vous pouvez consulter le **Guide Méthodologique** aux **pages 44 et 45**.

SECTION 3.

LES GRAPHIQUES ET LES TABLEAUX



Souvent, il est très utile de présenter des résultats expérimentaux, des données brutes ou des données obtenues par calcul à l'aide de graphiques ou de tableaux.

Un **tableau** permet, entre autres,

- de regrouper, de façon structurée, des données multiples dont il serait difficile autrement d'avoir une vue d'ensemble.
- de présenter, d'une manière non équivoque, des informations à interpréter (par exemple, les fréquences absolues (en nombres) et les fréquences relatives (en proportions) des diverses réalisations d'un tirage à la loterie).
- de classifier des données afin de pouvoir les interpréter clairement et donc, d'être en mesure de les traiter correctement.

Un **graphique** permet, entre autres:

- d'illustrer clairement une tendance qui ne serait pas évidente dans un tableau (et ce même si tous les points ne sont pas sur la courbe).
- de vérifier une relation entre les deux variables d'une expérience (proportionnelle, inversement proportionnelle, logarithmique, exponentielle...).
- d'interpoler pour un résultat compris entre la plus petite et la plus grande valeur.
- d'extrapoler pour prédire un résultat.
- de vérifier la linéarité d'une courbe.
- de déterminer la forme d'une distribution de données, regroupées ou non.

Un tableau, comme un graphique, doit être facilement interprétable. En fait, le tableau et le graphique sont deux moyens de **«faire parler» ses résultats ou ses données**. Vous devez donc, dans chacun des cas, privilégier la **clarté**.

Un tableau doit comporter:

- un **titre**,
- des **rubriques** (en-têtes de colonnes) clairement définies avec mention des unités
- des **données écrites sous une forme semblable** de façon à faciliter l'interprétation (ex.: des fréquences relatives à deux décimales ou en fractions à dénominateur commun).

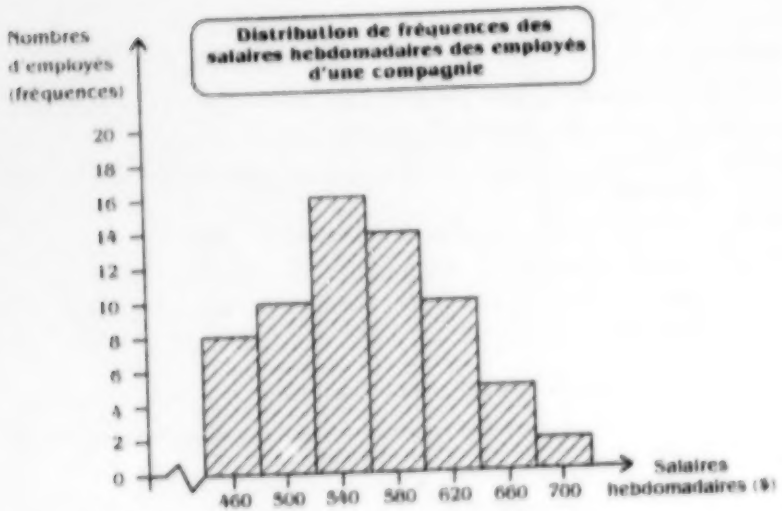
Un graphique:

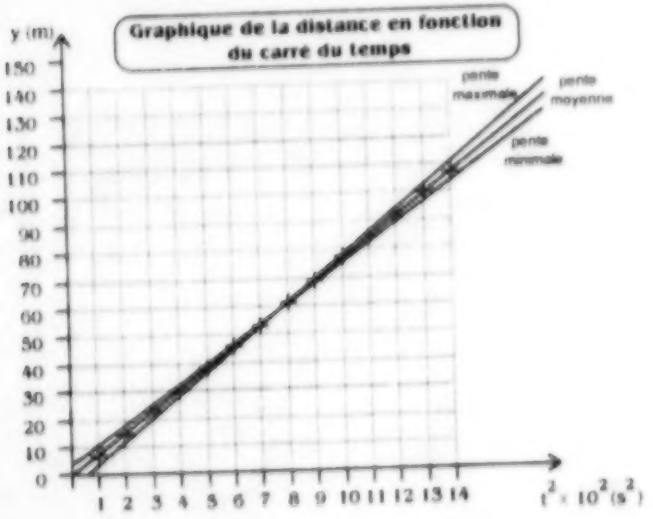
- doit être **tracé sur du papier millimétrique** (sauf, peut-être, en mathématiques).
- doit comporter un **titre** (avec le numéro du graphe s'il y a lieu).
- doit comporter **deux axes avec des échelles régulières**, dont on précise les variables et les unités.
- doit comporter des **points clairement identifiés**, s'il y a lieu.
- doit comporter les **indications des incertitudes**, s'il y a lieu.
- doit comporter une **courbe habituellement régulière et continue**, cette courbe devant occuper, pour plus de clarté, au moins 2/3 de la surface du papier.
- doit comporter des **indications précises sur le calcul de la pente**, s'il y a lieu.
- doit comporter, dans le cas des graphes multiples, une **légende** et des identifications différentes pour chacunes des courbes.

Voici quelques exemples de tableaux et de graphiques:

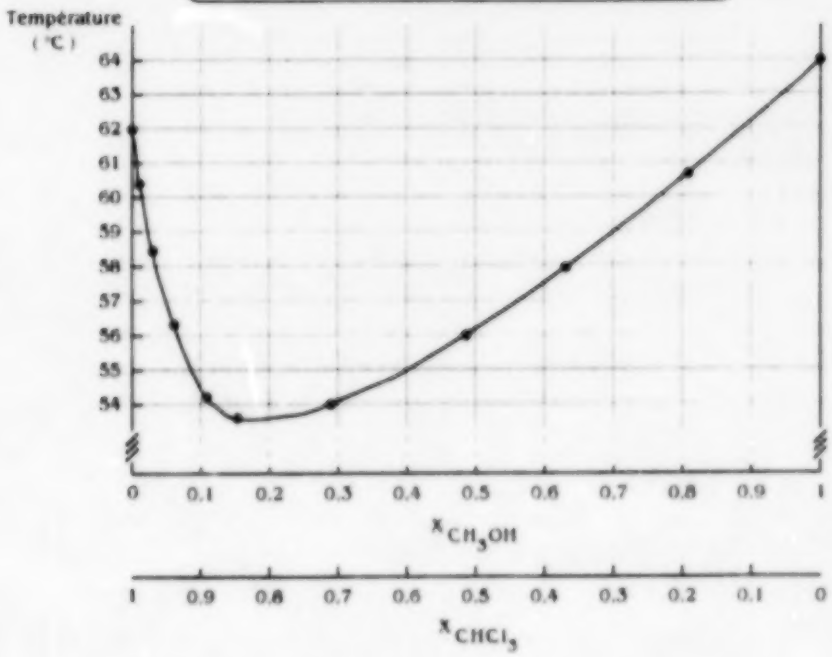
Tableau de distribution de fréquence des salaires hebdomadaires des employés d'une compagnie

Classes de salaires ($)	Nombres d'employés (fréquences)	Fréquences relatives	Fréquences cumulées
[440, 480 [	8	0,12	0,12
[480, 520 [	10	0,15	0,28
[520, 560 [	16	0,25	0,52
[560, 600 [	14	0,22	0,74
[600, 640 [	10	0,15	0,89
[640, 680 [	5	0,08	0,97
[680, 720 [	2	0,03	1,00
totaux	65	1,00	


Distribution de fréquences des salaires hebdomadaires des employés d'une compagnie
Nombres d'employés (fréquences)
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
460 500 540 580 620 660 700
Salaires hebdomadaires ($)


Graphique de la distance en fonction du carré du temps
y (m)
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
$t^2 \times 10^2 (s^2)$
pente maximale
pente moyenne
pente minimale

Température d'ébullition en fonction de la fraction molaire (X) pour un mélange chloroforme-méthanol



SECTION 4.

ERREURS ET INCERTITUDES

La valeur numérique issue d'une mesure ou d'une observation est toujours une approximation. Il faudra donc tenir compte de la précision des observations et des instruments utilisés de même que de son influence sur les résultats calculés à partir de ces données numériques.

4.1 Incertitude

Lorsqu'on fait la mesure d'une grandeur (volume, masse, durée, etc.), il est impossible d'obtenir une valeur parfaitement exacte; il y aura toujours une certaine incertitude associée à la mesure.

a) Incertitude absolue

L'incertitude absolue est l'erreur maximum possible exprimée dans les mêmes unités que la valeur mesurée.

ex.: 50.00 ml ± 0.05 ml
(0.05 ml : incertitude absolue)

L'incertitude absolue n'a généralement qu'un chiffre significatif.

Quand on utilise un instrument gradué, l'incertitude absolue est souvent égale à la moitié de la plus petite division. Dans le cas de mesures répétées, on calcule l'écart moyen.

b) Incertitude relative

L'incertitude relative est l'erreur maximum possible exprimée en fraction ou en pourcentage de la quantité mesurée ou calculée. On la calcule en faisant le rapport de l'incertitude absolue sur la valeur mesurée.

L'incertitude relative peut comprendre un ou deux chiffres significatifs.

ex.: 5.00 sec ± 0.4 %
(0.4 % : incertitude relative)

On pourra transformer facilement une incertitude absolue en incertitude relative ou une incertitude relative en incertitude absolue.

ex.: 0,4 % x 5,00 sec = 0,02 sec

donc on peut écrire

5,00 sec ± 0,02 sec = 5,00 sec ± 0,4 %

c) Calcul d'erreur

Dans le cas d'une addition ou d'une soustraction, il suffit d'additionner les incertitudes absolues.

ex.: (2,0 ml ± 0,1 ml) + (3,0 ml ± 0,4 ml)
= 5,0 ml ± 0,5 ml

Dans le cas d'une multiplication ou d'une division, il suffit de faire la somme des incertitudes relatives.

ex.: $\frac{(2{,}00\ \text{ml} \pm 1\ \%) \times (8{,}00\ \text{ml} \pm 2\ \%)}{16{,}00\ \text{ml} \pm 3\ \%} = 1{,}00\ \text{ml} \pm 6\ \%$

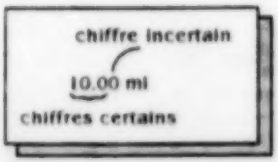
4.2 Les chiffres significatifs

Toute mesure expérimentale est entachée d'erreur; l'incertitude qui en découle nous permet de déterminer le nombre de chiffres significatifs.

Plus la précision d'une mesure est grande, plus le nombre de chiffres significatifs utilisés pourra être élevé; le nombre de chiffres significatifs est donc un bon indice de la précision de la mesure.

Les chiffres significatifs comprendront tous les chiffres connus avec certitude plus le premier chiffre incertain.

Par exemple, si on dit qu'on a mesuré un volume de 10,00 ml, on aura quatre chiffres significatifs comprenant trois chiffres connus avec certitude plus le premier chiffre incertain.

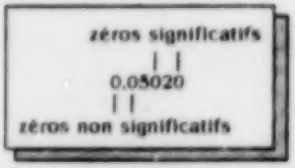


Le chiffre incertain sera déterminé à l'aide de l'incertitude absolue. Le chiffre incertain est du même ordre de grandeur que l'incertitude.

ex.: un volume de dix millilitres plus ou moins 0.05 ml s'écrira:

$10.00 \text{ ml} \pm 0.05 \text{ ml}$

Les zéros à droite du nombre sont significatifs. Les zéros à gauche du nombre sont non significatifs.



Lors de la présentation des résultats des calculs, il faudra tenir compte des chiffres significatifs. Le résultat et son incertitude doivent avoir le même nombre de décimales et une même puissance de dix.

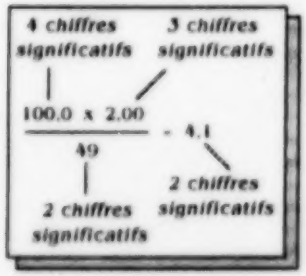
Lors d'une addition ou d'une soustraction, il faudra considérer les chiffres incertains et n'en garder qu'un seul.

ex.:

50,7	(incertitude au niveau des dixièmes)
+ 0,04	(incertitude au niveau des centièmes)
50,7	

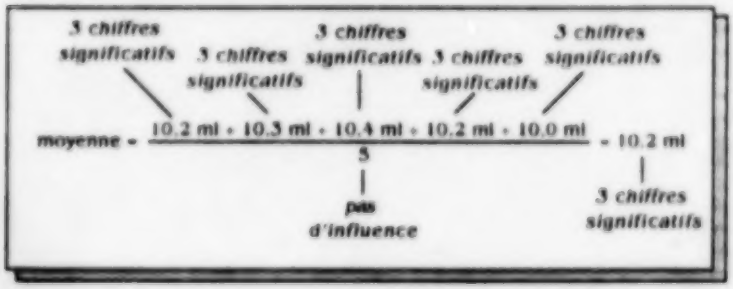
Dans l'exemple qui précède, le résultat obtenu par calcul est 50,74. Les chiffres 7 et 4 étant incertains, on n'en garde qu'un (le 7).

Lors d'une multiplication ou d'une division, il faudra garder le plus petit nombre de chiffres significatifs rencontrés dans l'opération.



Lorsqu'une valeur est parfaitement exacte (par exemple un nombre d'objets) cette valeur n'influence pas le nombre de chiffres significatifs du résultat des opérations effectuées.

ex.: On veut calculer la moyenne de cinq mesures d'un même volume. Ces mesures ont donné 10,2 ml, 10,3 ml, 10,4 ml, 10,2 ml et 10,0 ml.



En utilisant adéquatement les calculs d'erreur et en respectant les chiffres significatifs, on a une idée du "degré de confiance" qu'on peut accorder à la mesure effectuée.

NOTES

NOTES

NOTES